

## 간이측정기구를 이용한 변압기 절연유 전산가 측정

남창현, 김석분\*, 박현주, 황선진,  
한국전력공사 전력연구원

### The Measurement of Total Acid Number in Transformer Oils using Simple Analytical Equipemnt

Nam Chang Hyun, Kim Seok Boon, Park Hyun Joo, Hwang Seon Jin  
Korea Electric Power Corporation, Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - 발·변전설비 중 중요한 설비의 하나로 손꼽히는 변압기는 운전 중 신뢰성 확보가 관건이라 할 수 있다. 최근 안정적 전력공급에 대한 요구가 증대됨에 따라 변압기 이상진단 기술지원 요청이 매년 증가하고 있으며, 특히 절연과 냉각작용이 주기능인 전기절연유의 자체 품질관리는 변압기 예방진단을 위해 시행하고 있는 유증가스분석 못지않게 중요하다. 이에 전력연구원에서는 1999년 전산가 간이측정 기구를 개발하여 별도의 분석의뢰 없이 현장에서 바로 측정하여 절연유의 품질관리에 적용할 수 있도록 한 바 있다. 본 논문은 2008년 1월부터 4개월간 12개 전력관리처에 배분하여 66kV이상 급 모든 변압기의 전산가 현장측정을 완료하고 이에 대한 적용결과와 현장적용성을 검토하였다.

### 1. 서 론

전산가란 절연유 1g속에 함유되는 전체 산성 성분을 중화시키는데 필요한 KOH의 mg 수를 말한다. 보통 산염기 중화적정 실험으로 이루어지는데 절연유를 톨루엔:에틸알콜(3:2) 혼합용제에 녹여 알칼리 블루 6B 지시약으로 KOH의 표준 알코올 용액(또는 수용액)으로 적정한다. 계산은 다음 식에 따라서 하고 소숫점 이하 둘째자리로 끝맺음 한다.

$$\text{전산가(mgKOH/g)} = N \times (a-b) \times 56.1 / W$$

(N : 0.05mol/L KOH 표준용액의 규정농도

a : 적정에 필요한 0.05mol/L KOH표준용액의 양(ml)

b : 바탕 시험에 필요한 0.05mol/L KOH 표준용액의 양(ml)

W : 시료의 무게(g))

전산가는 변압기의 열화정도를 예측할 수 있는 중요한 요소이다. 전산가의 증가가 어느 기간을 초과하게 되면 슬러지 및 산가가 급격히 증가하여 변압기 사고를 유발할 수 있다. 일반적으로 전산가의 증가는 체적저항을 저하, 내압저하, 절연유 누설전류(TOID)증가 등의 현상을 나타낸다. 신유의 경우 전산가는 0.02mgKOH/g이하(이하 단위 같음)로 관리되어야 한다(KS C 2301). 한전에서 관리기준은 66kV이하 변압기에서 전산가가 0.2이하일 때 '정상', 0.21~0.40일 때 '주의', 0.41일 때 '이상' 판정이며, 154kV이상 변압기에서는 0.10일 때 '정상', 0.11~0.30일 때 '주의', 0.31 일 때 '이상'이다. '주의' 판정이 내려지면 분석주기를 단축하여 추적조사를 할 필요가 있는 상태이며 '이상'으로 판정되면 종합적인 품질평가를 통하여 계속 사용가능 여부를 판단, 교체 등의 조치를 필요로 하는 상태를 말한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 전산가 간이측정기구 원리

간이측정기구는 KS C 2101에서 명시한 전산가 측정

방법과 같은 원리로 만들어졌다. 구성품은 아래 그림과 같이 알칼리블루 6B와 KOH수용액이 담긴 앰플이 각각 1개씩 담겨 있는 P.E Tube에, 톨루엔:에틸알콜(3:2) 혼합용제가 담긴 Vial, 그리고 절연유 시료를 넣기 위한 1회용 피펫으로 구성되어 있다.

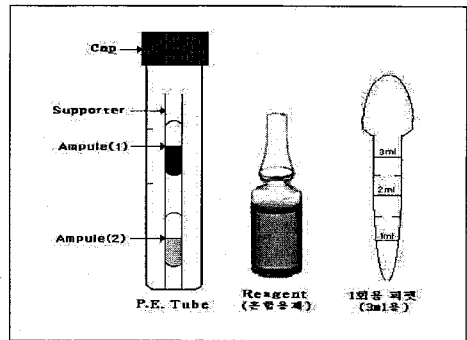


그림 1. 전산가 간이측정기구 구성품

먼저 Vial에 담겨진 혼합용제를 P.E tube마개를 열고 전량 부어 넣고 다시 튜브의 마개를 닫는다. 튜브 측면을 손으로 강하게 눌러 먼저 알칼리블루 6B가 담겨진 앰플을 깨고 같은 방법으로 KOH수용액이 담긴 투명한 앰플을 깨 후 완전히 혼합되도록 흔들어서 잘 섞는다. 이때 혼합액의 색깔은 염기성으로 붉은 색을 띄게 된다. 다시 튜브의 마개를 열고 여기에 측정하고자 하는 전기절연유 1ml를 1회용 피펫을 이용하여 주입하고 마개를 닫은 후 완전히 혼합되도록 잘 흔든다. 결과 혼합액의 색깔이 붉은 색에서 변하지 않으면 전산가가 C급 이상, 산성을 나타내는 청색으로 변하면 전산가가 D급인 경우이다. 혼합액이 아래 종말점에서 색상표의 색상으로 나타난 경우에는 청색으로 변색된 것으로 본다.(그림 2참고). D급으로 측정된 경우는 더 이상 측정이 불필요하기 때문에 측정을 종료하며, C급이상으로 판정되었을 때는 사용한 혼합액에 전기절연유 1ml를 1회용 피펫을 이용하여 다시 주입하고 마개를 닫은 후 완전히 혼합되도록 잘 흔든다. 혼합액의 색깔이 여전히 붉은 색에서 변하지 않으면 B급 이상, 청색으로 변하면 전산가가 C급일 경우이다. 각 급수에서의 전산가의 범위는 아래 표 1과 같다.

표 1. 측정결과에 따른 전산가의 범위

측정결과	전산가 범위 (mgKOH/g)	판정
B급 이상	0.20 이하	양호
C급	0.21~0.40	주의
D급	0.41 이상	불량

정밀 분석을 하였다. 그 결과는 아래 표 3과 같다.

표 3. 연구원 정밀분석 결과

전력관리처	변전소	구분	측정결과 (mgKOH/g)	판정
서울	세종로	#3 M.Tr.	0.01	정상
		#4 M.Tr.	0.01	정상
	원남	#3 M.Tr. A상	0.01	정상
수원	동수원	#2 M.Tr.	0.06	정상
	신수원	#63M.Tr.	0.01	정상
제천	고한	#51 M.Tr.	0.07	정상
		#52 M.Tr.	0.06	정상
	태백	#1 M.Tr.	0.16	요주의
대전	당진	#3 M.Tr.	0.01	정상
		#62 M.Tr.	0.03	정상
	서산	#1 M.Tr.	0.02	정상
		#1M.Tr.	0.01	정상
태안	#2 M.Tr.	0.01	정상	
전주	남원	#1 M.Tr.	0.13	요주의
		#2 M.Tr.	0.01	정상
부산	덕포	#1 M.Tr.	0.01	정상
		#2 M.Tr.	0.01	정상
	구서	#1 M.Tr.	0.01	정상
		#1 M.Tr.	0.01	정상
우동	#1 M.Tr.	0.01	정상	
	#2 M.Tr.	0.01	정상	
창원	서마산	#2 M.Tr.	0.02	정상



그림 2. 종말점(변색점)에서의 색상변화

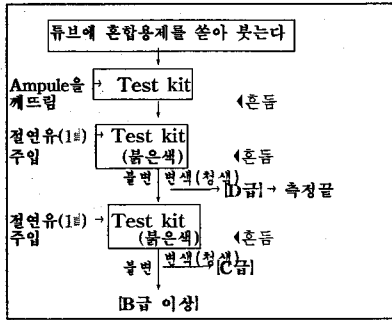


그림 3. 측정절차도

전산가 측정용 기구는 전기절연유와 발색 시약을 혼합시 나타내는 색상에 의해 전산가를 측정하는 간이 측정용 기구로서 장기 사용으로 인한 전기절연유의 색상이 검은 색이나 짙은 담황색을 띠 경우에는 발색 시약의 첨가에도 불구하고 색상구분이 어려운 경우가 많아 판정이 애매한 경우가 많다(전산가가 관리기준 이상일 때 혼합액이 “붉은색”을 나타내나 보라색이나 매우 연한 붉은색을 띠게 됨). 측정결과 전산가가 C급 또는 D급 이거나 전기절연유의 색상이 검어 색깔구분이 어려워 측정이 곤란한 경우는 연구원에 의뢰하여 정밀분석 하도록 하였다.

## 2.2 전산가 간이측정기구 측정 결과

연구원에서는 한국전력공사 관할 전력관리처의 66kV 이상 모든 변압기의 전체적인 전산가 측정을 위해 12개 전력관리처에 2,000여개 간이측정용 기구를 배포했으며 3개월여의 기간동안 측정을 완료했다. 그 종합적인 결과는 아래 표 2와 같다.

표2. 관리처별 측정결과 종합

관리처명	분석결과	분석개수	양호 (B급 이상)	요주의 (C급 이하)
서울		172	169	3
남서울		449	449	0
인천		120	120	0
수원		176	174	2
제천		176	173	3
대전		164	159	5
전주		85	83	2
부산		197	192	5
광주		120	120	0
대구		136	136	0
창원		90	89	1
제주지사		28	28	0

이번 조사 결과 거의 대부분의 변압기 절연유에서 양호한 결과를 나타내었으며 '요주의' 판정을 받은 변압기들에 대해서는 시료 채취 후 연구원에 송부하도록 하여

간이측정기구 '요주의' 판정 변압기 중 정밀분석결과 제천전력관리처 태백변전소 1호기 주변압기(154kV, 전산가:0.16mgKOH/g), 전주전력관리처 남원변전소 1호기 주변압기(154kV, 0.13mgKOH/g)에서 '요주의' 판정이 난 것을 제외하고는 모두 '정상'인 것을 알 수 있었다. 전산가의 경우 대부분의 변압기가 “정상”인 것으로 나타나 현장에서 전산가 측정기구로 우선 판정을 하고 이상이 있는 경우 연구원에서 정밀분석을 해서 관리하면 절연유 품질이상에 의한 변압기 사고는 예방할 수 있을 것이다.

## 3. 결 론

급변 조사는 전산가 간이측정기구의 현장적용성 및 한전의 변압기 절연유 품질측정을 위해 12개 전력관리처를 대상으로 시험을 실시하고 그 결과를 나타내었다. 측정결과 거의 대부분의 변압기 절연유에서 양호한 결과를 나타냈으며 전력연구원 정밀분석결과도 대부분 '정상'으로 판정되었다. 정밀분석결과 '요주의' 변압기들은 1회/1년의 정기분석을 실시하고 나머지 '정상' 변압기는 1회/3년 정기분석을 실시하게 된다.

변압기 절연유 전산가 간이측정기구는 기존의 전산가 측정방법의 번거로움에서 벗어나 간편하게 현장에서 즉시 분석이 가능하여 업무의 효율을 높일 수 있는 방법이다. 또한 변압기 절연유 색깔이 진하여 색깔구별을 하기 어렵거나 결과가 양호하지 못한 경우는 연구원에 정밀분석을 의뢰하여 더욱 효과적인 변압기 관리에 만전을 기할 수 있게 되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] KS C 2101, 전기절연유 시험방법, 2006.
- [2] ASTM D 974, Standard Test Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration, 2008
- [3] 한전 송변전처, 주변압기 운영기준, 1998.